

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 62289804
PUBLICATION DATE : 16-12-87

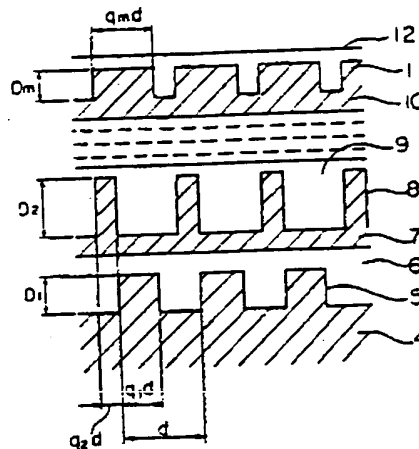
APPLICATION DATE : 10-06-86
APPLICATION NUMBER : 61132730

APPLICANT : NEC CORP;

INVENTOR : ONO YUZO;

INT.CL. : G02B 5/30 // G02B 5/18

TITLE : WAVELENGTH PLATE



ABSTRACT : PURPOSE: To easily manufacture a surface relief lattice type wavelength plate by laminating alternately a dielectric of refractive index n_1 provided with a surface relief lattice of a specific pitch, and a dielectric of a refractive index n_2 for packing said lattice.

CONSTITUTION: A rectangular lattice 5 of a pitch (d) of $\lambda/d \geq 1.472$ at the time of wavelength λ is formed on the first dielectric medium 4 of a first layer of a refractive index n_1 . The surface of this lattice 5 is packed with a second dielectric medium 6 of the first layer of a refractive index n_2 of $n_1 \neq n_2$. Subsequently, by laminating alternately these two dielectric medium layers 4, 6, a wavelength plate is formed. In that case, a phase difference of the wavelength plate is proportional to depth of a lattice group and magnitude of a double refractive index, therefore, by laminating and providing said layers, even if depth of the groove of each layer remains as it is, the phase difference can be enlarged by increasing the whole groove depth. Therefore, depth of the lattice group can be made small, therefore, a surface relief lattice type wavelength plate can easily be manufactured.

COPYRIGHT: (C)1987,JPO&Japio

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭62-289804

⑬ Int. Cl.

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和62年(1987)12月16日

G 02 B 5/30
// G 02 B 5/18

7529-2H
7529-2H

審査請求 未請求 発明の数 1 (全5頁)

⑮ 発明の名称 波長板

⑯ 特 願 昭61-132730

⑰ 出 願 昭61(1986)6月10日

⑱ 発 明 者 木 村 靖 夫
⑲ 発 明 者 小 野 雄 三
⑳ 出 願 人 日本電気株式会社
㉑ 代 理 人 弁理士 岩佐 義幸

東京都港区芝5丁目33番1号 日本電気株式会社内
東京都港区芝5丁目33番1号 日本電気株式会社内
東京都港区芝5丁目33番1号

明 細 書

1. 発明の名称

波長板

2. 特許請求の範囲

(1) 使用波長 λ における格子ピッチ d が $\lambda/d \geq 1.472$ なる表面レリーフ格子を形成した屈折率 n_1 を有する第1の誘電体媒質層と、前記表面レリーフ格子を充填、あるいは被覆する $n_2 \approx n_1$ なる屈折率 n_2 を有する第2の誘電体媒質層とを交互に積層したことを特徴とする波長板。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

この発明は直交する2つの直線偏光の間に位相差を生ぜしめる、 $1/4$ 波長板、 $1/2$ 波長板、全波長板等の波長板に関するものである。

(従来の技術)

従来、波長板は水晶の結晶を研磨して、常光と異常光の位相差が、 $1/4$ 波長板では $(N + 1/4)$ 波長(N は整数)、 $1/2$ 波長板では $(N + 1/2)$ 波長、全波長板では N 波長になるような厚さに調整して製

作されている。

このような結晶研磨による方法以外に、誘電体に形成した高密度の表面レリーフ格子が複屈折を示すことから、格子を用いる方法も提案されている。表面レリーフ格子を用いた波長板の提案と実験は、アプライド・フィジックス・レター(Applied Physics Letter)誌、第42巻、第6号(1983年3月15日発行)第492～494頁掲載のD.C.Flanders 著の論文、及び、アプライド・オブティクス(Applied Optics)誌、第22巻、第20号(1983年10月15日発行)第3220～3228頁掲載のR.C.Enger と S.K.Case 著の論文に述べられている。

格子を用いた波長板は、格子のピッチを d 、使用波長を λ とすると、 λ が d に比べて十分大きい領域では、格子の溝に平行な方向の屈折率 n_x と、格子の溝に直交する方向の屈折率 n_y が異なることを利用しており、前述のD.C.Flanders 著の論文によると、格子が矩形状の場合、 n_x 、 n_y は次式で与えられる。

$$n_x = (n_1^2 q + n_2^2 (1 - q))^{1/2} \dots (1)$$

$$n_1 = \left[(1/n_2)^2 q + (1/n_2)^2 (1-q) \right]^{-1/2} \quad \dots (2)$$

ここで n_1 は媒質1の屈折率、 n_2 は媒質2の屈折率、 q は格子の1周期中に媒質1の占める割合で $1 \geq q \geq 0$ である。複屈折の大きさ Δn は次式で与えられる。

$$\Delta n = |n_1 - n_2| \quad \dots (3)$$

また、複屈折の大きさ Δn を有する格子に入射した光が受ける位相差 $\Delta \phi$ は次式で与えられる。

$$\Delta \phi (\text{rad}) = \frac{2\pi D}{\lambda} \cdot \Delta n \quad \dots (4)$$

ここで D は格子の溝深さである。(4)式から、大きな位相差 $\Delta \phi$ を得るには溝深さ D を大きくするか、または複屈折の大きさ Δn を大きくすればよい。この関係は格子形状が矩形である場合に限らず、正弦波状、三角波状等の場合でも成り立つ。

表面レリーフ格子による波長板は、主に次の2つの方法により製造できる。

第1の方法は干渉露光法によりホトレジストに表面レリーフ格子を形成し、その格子からニッケ

ル電鍍法で金型を製作し、熱可塑性樹脂にホットプレス法や射出成形法で転写する、あるいは光硬化性樹脂に転写する方法である。

第2の方法は誘電体基板上に第1の方法と同様の方法でホトレジスト格子を形成し、ホトレジストをマスクとして誘電体基板をイオンエッチング法、または反応性イオンエッチング法、またはイオンビームエッチング法、または反応性イオンエッチング法によりエッチングし、表面レリーフ格子を得る方法である。

(発明が解決しようとする問題点)

上述の従来の技術には、格子の溝幅に対して溝深さが極端に大きくなるという問題点がある。たとえば、使用波長 λ を He-Ne レーザの 632.8 nm とする。この波長に対して前述の第1の製造方法で用いられる熱可塑性樹脂たとえばアクリル樹脂、光硬化性樹脂たとえばスリーボンド社製の UVX-SS-89-1、および第2の製造方法において主に用いられる石英ガラスの屈折率はおおよそ 1.5 ~ 1.6 である。以下では熱可塑性樹脂、光

硬化性樹脂および石英ガラスを媒質1とし、その屈折率 n_1 を 1.55 とする。また、媒質2を空気とし、その屈折率 n_2 を 1.00 とする。格子形状が矩形の場合、媒質1が格子の1周期中に占める割合 q を 0.5 とすれば複屈折の大きさ Δn は(1)、(2)、(3)式より 0.116 となる。したがって(4)式より $\lambda/4$ 波長板、 $\lambda/2$ 波長板、全波長板に必要な溝深さ D はそれぞれ 1.36 μm 、2.73 μm 、5.46 μm になる。また格子ピッチ d に関して、高密度性に基づく複屈折を得るには $\lambda/d \geq 1.472$ である必要があるので、 $d \leq 0.43 \mu\text{m}$ なる条件を満足しなければならない。 $q = 0.5$ であるから格子の溝幅 W は、 $W \leq 0.21 \mu\text{m}$ となる。したがって、溝幅 0.21 μm 以下、溝深さ 1.36 μm ~ 5.46 μm の格子を作製しなければならない。

このような格子を第1の製造方法で製造する場合、媒質1と電鍍金型との実効的な接触表面積が著しく増大するために、金型面からはく離する時の引張りせん断力が大きくなる。このために、はく離時に硬化した媒質1が基板からはがれ、金型

面に残留してしまい、表面レリーフ格子の転写が困難になるという問題点がある。

また、第2の製造方法では、エッチングに要する時間が数時間にも及び、エッチングに耐え得るホトレジストマスクは、厚さ数 μm になることから、ホトレジストマスクの形成が困難である。また、ホトレジストに形成した格子をエッチング耐性の強い物質、たとえばクロムに転写し、その物質をマスクとしてエッチングを行う場合においても、格子溝深さの増加に伴い、一度エッチングされた誘電体の基板表面への再付着や、溝底部への活性種、イオン、中性粒子の到達粒子数の減少などによりエッチングの進行が阻止され、所望の格子の形成が困難である。このような問題は格子の形状によらず生じる。

以上述べたように従来技術による表面レリーフ格子型の波長板は製造が困難であるという欠点を有している。

そこで本発明の目的は、このような従来技術の問題点を解決し、製造が容易な表面レリーフ格子

型の波長板を提供することにある。

(問題点を解決するための手段)

本発明の波長板は、使用波長 λ における格子ピッチ d が $\lambda/d \geq 1.472$ なる表面レリーフ格子を形成した屈折率 n_1 を有する第1の誘電体媒質層と、前記表面レリーフ格子を充填、あるいは被覆する $n_2 \neq n_1$ なる屈折率 n_2 を有する第2の誘電体媒質層とを交互に積層したことを特徴とする。

(作用)

本発明の作用を図面を参照しながら詳細に説明する。

格子に入射する光が受ける位相差 $\Delta\phi$ は、格子の溝深さ D と複屈折の大きさ Δn に比例する。本発明は前述の第1の製造方法および第2の製造方法によって製造される格子の溝深さ D を増加させることなく、等価的な溝深さ D' を増加させることにより、前述の従来技術の問題点を解決しようとするものである。

第2図は本発明を説明するための図である。屈折率 n_1 を有する第1層目の第1の誘電体媒質4

に、使用波長を λ として $\lambda/d \geq 1.472$ なる条件を満足するピッチ d を有する矩形格子5が形成され、その格子表面が $n_1 \neq n_2$ なる屈折率 n_2 を有する第1層目の第2の誘電体媒質6が充填される。この場合の格子部の複屈折の大きさ Δn_1 は、格子の1周期中に占める第1の誘電体媒質の割合を q_1 とすると、(1)、(2)、(3)式より

$$\Delta n_1 = \{ n_1^2 q_1 + n_2^2 (1 - q_1) \}^{1/2} - \{ (1/n_1)^2 q_1 + (1/n_2)^2 (1 - q_1) \}^{-1/2} \quad \dots \dots (5)$$

となる。格子の溝深さを D_1 とすれば、この第1層目の格子に入射した光が受ける位相差 $\Delta\phi_1$ は(4)式より

$$\Delta\phi_1 = \frac{2\pi}{\lambda} D_1 \cdot \Delta n_1 \quad \dots \dots (6)$$

となる。

次に、第1層目の第2の誘電体媒質6上に、第1層目の格子と格子溝の方向、ピッチとも同じである矩形格子8を有する第2層目の第1の誘電体媒質7が形成される。ここで、第2図に示すよう

に第1層目の格子と第2層目の格子の凹凸の位置は一致している必要はない。さらに、第2層目の第1の誘電体媒質の格子表面が、第2層目の第2の誘電体媒質9で充填される。第2層目の格子部の複屈折の大きさ Δn_2 は、格子の1周期中に占める第1の誘電体媒質7の割合を q_2 とすれば、第1層目の格子の場合と同様な式で与えられ、

$$\Delta n_2 = \{ n_1^2 q_2 + n_2^2 (1 - q_2) \}^{1/2} + \{ (1/n_1)^2 q_2 + (1/n_2)^2 (1 - q_2) \}^{-1/2} \quad \dots \dots (7)$$

となり、入射光が第2層目の格子で受ける位相差 $\Delta\phi_2$ は第2層目の格子深さを D_2 とすれば、

$$\Delta\phi_2 = \frac{2\pi}{\lambda} D_2 \cdot \Delta n_2 \quad \dots \dots (8)$$

となる。

以降、同様に第1の誘電体媒質と第2の誘電体媒質から成る格子層を m 層(m は整数)積層すると、第 k 番目の格子層の複屈折の大きさ Δn_k は、 k 番目の格子の1周期中に占める第1の誘電体媒質の割合を q_k とすると、

$$\Delta n_k = \{ n_1^2 q_k + n_2^2 (1 - q_k) \}^{1/2} + \{ (1/n_1)^2 q_k + (1/n_2)^2 (1 - q_k) \}^{-1/2} \quad \dots \dots (9)$$

となり、格子の溝深さを D_k とすれば、入射光が k 番目の格子で受ける位相差 $\Delta\phi_k$ は、

$$\Delta\phi_k = \frac{2\pi}{\lambda} D_k \cdot \Delta n_k \quad \dots \dots (10)$$

となる。したがって、 m 個の格子層を通過した光が受ける位相差 $\Delta\phi$ は、

$$\Delta\phi = \frac{2\pi}{\lambda} \sum_{k=1}^m D_k \cdot \Delta n_k \quad \dots \dots (11)$$

となる。層数 m を増加することにより、各層の格子の溝深さ D_k を大きくすることなく $\Delta\phi$ を大きくすることができる。なお、第2図において、10は、第 m 層目の第1の誘電体媒質を、11は矩形格子を、12は第 m 層目の第2の誘電体媒質を示している。

第3図は本発明を説明するための図で、第1の誘電体媒質に形成された格子の表面が第2の誘電体媒質で被覆されている。図中、4は第1層目の

第1の誘電体媒質、5は矩形格子、6は第1層目の第2の誘電体媒質、7は第2層目の第1の誘電体媒質、8は矩形格子、9は第2層目の第2の誘電体媒質である。

第4図は第3図のうちの第k層の格子を拡大して示したものである。格子の1周期中に第1の誘電体媒質が占める割合の変化に伴い、格子を縦方向にa層13、b層14、c層15に分け、その割合を q_{aa} 、 q_{ab} 、 q_{ac} とすれば各層の複屈折の大きさ Δn_{aa} ($s=a, b, c$) は、

$$\Delta n_{aa} = \left\{ n_1^2 q_{aa} + n_2^2 (1 - q_{aa}) \right\}^{1/2} - \left\{ (1/n_1)^2 q_{aa} + (1/n_2)^2 (1 - q_{aa}) \right\}^{-1/2} \quad \dots\dots\dots 02$$

となり、各層の層厚さを D_{aa} 、 D_{ab} 、 D_{ac} とすれば、入射光が第k層で受ける位相差 $\Delta\phi_k$ は、

$$\Delta\phi_k = \frac{2\pi}{\lambda} (D_{aa} \cdot \Delta n_{aa} + D_{ab} \cdot \Delta n_{ab} + D_{ac} \cdot \Delta n_{ac}) \quad \dots\dots\dots 03$$

となる。ここで

$$D_k = D_{aa} + D_{ab} \quad \dots\dots\dots 00$$

る。

(実施例)

以下、本発明の実施例について、図面を参照して説明する。

第1図は本発明の一実施例を示す断面図で $\lambda/2$ 板の製作例を示している。実際の製作には、第1の誘電体媒質1として光硬化性樹脂であるスリーボンド社製のUVX-SS89-1を、第2の誘電体媒質2として新日習化工社製のポリシラスチレンPSS75を用いた。前者の屈折率は1.52、後者の屈折率は約2.5である。使用波長はHe-Neレーザの632.8 nmである。光硬化性樹脂への格子パターンの転写は金型を用いて行った。

この金型は次のように製作した。He-Cdレーザの波長441.6 nmの光ビームを用いて干渉計を構成し、ホログラフィックに $\lambda/d \geq 1.472$ を満足するピッチ $d = 0.3 \mu m$ の格子をガラス上のホトレジストに形成し、現像後のホトレジストパターンをマスクとしてガラスを反応性イオンビームエッチング法によりエッチングを行い、ガラス

である。このような格子がm層積層された場合、全格子層を通過する光が受ける位相差 $\Delta\phi$ は、

$$\Delta\phi = \frac{2\pi}{\lambda} \sum_{s=1}^m (D_{aa} \cdot \Delta n_{aa} + D_{ab} \cdot \Delta n_{ab} + D_{ac} \cdot \Delta n_{ac}) \quad \dots\dots\dots 04$$

となる。この場合も層数mを増やせば D_k を大きくすることなく大きな $\Delta\phi$ を得ることができる。

つまり、屈折率 n_1 を有する第1の誘電体媒質に形成された表面レリーフ格子の表面を $n_1 \approx n_2$ なる屈折率 n_2 を有する第2の誘電体媒質で充填、あるいは被覆し、以降、順次表面レリーフ格子を有する第1の誘電体媒質と、その表面を充填、あるいは被覆する第2の誘電体媒質を必要な位相差が得られるまで積層することにより、第1の誘電体媒質に形成される格子の溝深さを小さくすることができ、製作の容易な波長板が得られる。

格子が矩形状でなく、正弦波状、三角波状等の場合も同様で、必要な位相差が得られるまで格子を有する第1の誘電体媒質と第2の誘電体媒質を積層することにより製作の容易な波長板が得られ

に断面が矩形状である格子を作製した。ガラスに形成される格子の溝深さは次のように決定した。光硬化性樹脂の屈折率が1.52、ポリシラスチレンの屈折率が約2.5であることから、これらの誘電体媒質で矩形格子を形成すると、 $q = 0.5$ の場合、複屈折の大きさ Δn は0式より $\Delta n = 0.232$ となる。各層に作製される格子の q は全て0.5であり、かつ溝深さも全て等しいとする。このような条件の下で、 $\lambda/2$ 板作製に必要な溝深さ D' は0式より $D' = 1.362 \mu m$ となる。第1図に示すように $\lambda/2$ 板を5層に分けて作製するとすれば、各層に形成される格子の溝深さ D は、

$$D = D' / 5 = 272.6 \text{ nm}$$

となる。このことより、ガラスには272.6 nmの溝深さを有する格子を形成した。ガラス上の格子の溝深さは反応性イオンビームエッチングの実施時間により容易に制御できる。ガラス上に製作した格子からニッケル電鍍法により金型を作製した。

この金型を用いて光硬化性樹脂1に格子3を形成し、格子表面に液状のポリシラスチレン2を塗

布し溶剤を乾燥させることにより1層の格子が作製できる。固化した光硬化性樹脂上に、液状のポリシラスチレンを塗布する場合、あるいは固化したポリシラスチレン上に液状のポリシラスチレンを塗布する場合、一方の溶剤が下地の誘電体媒質と反応する問題点があるが、各誘電体媒質膜作製後、誘電体媒質表面にアルゴンイオンプラズマ、あるいはフッ素プラズマを照射し、誘電体媒質表面の溶剤に対する耐性を向上することにより、この問題は回避できる。

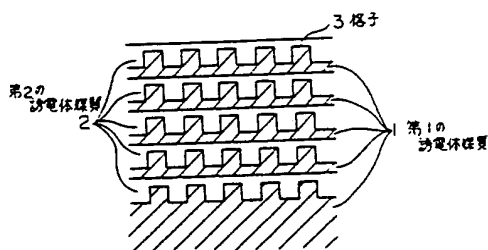
以上述べた方法により5層の格子を作製し、所望の $\lambda/2$ 板を得た。

(発明の効果)

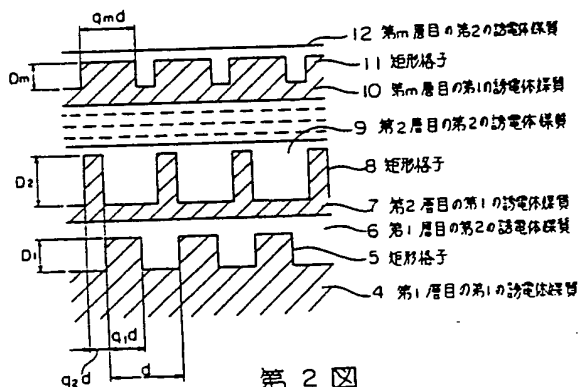
以上述べたように本発明によれば、製作の容易な表面レリーフ格子を利用した波長板が得られる。また、表面レリーフ格子を金型から転写すれば量産性にも富む。さらに、使用波長を変更した場合でも積層数を変化させることで容易に対応できる。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の一実施例を模式的に示す断面図



第1図



第2図

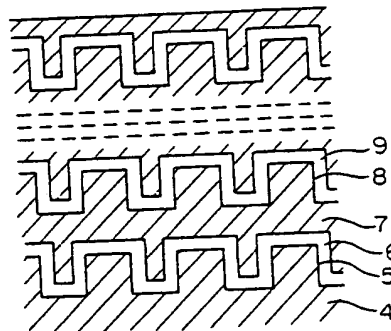
図、

第2図～第4図は本発明の原理を示す断面図である。

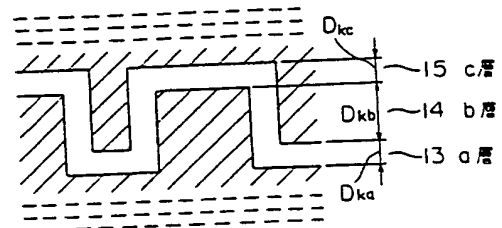
- 1…第1の誘電体媒質
- 2…第2の誘電体媒質
- 3…格子
- 4…第1層目第1の誘電体媒質
- 5, 8, 11…矩形格子
- 6…第1層目第2の誘電体媒質
- 7…第2層目第1の誘電体媒質
- 9…第2層目第2の誘電体媒質
- 10…第m層目第1の誘電体媒質
- 12…第m層目第2の誘電体媒質
- 13…a層
- 14…b層
- 15…c層

代理人弁理士

岩 佐 義 幸



第3図



第4図